

UNIVERSITE DE RENNES I

U.E.R. SCIENCE - VIE - ENVIRONNEMENT

ETUDE DE LA RESISTANCE
SPECIFIQUE A LA PYRICULARIOSE
(PYRICULARIA ORYZAE CAV.)
DE QUELQUES VARIETES DE RIZ
(ORYZA SATIVA L.)

P A R

Justin ABADASSI

MEMOIRE

préparé à l'IRAT/CIRAD de MONTPELLIER

pour obtenir

le DIPLOME D'ETUDES APPROFONDIES

SPECIALITE : AMELIORATION DES PLANTES

soutenu le 26 septembre 1989 devant le Jury :

MM. HERVE → ENSA

LAHRER → Université

THOMAS → ENSA

NOTTEGHEM → IRAT

REMERCIEMENTS

Je voudrais exprimer ma profonde gratitude à Monsieur le Professeur HERVE pour ses conseils, son soutien moral et sa contribution combien efficace à ma formation et à l'organisation de ce travail.

Mes sincères remerciements vont également à Monsieur le Professeur HUON, à Monsieur THOMAS et à tous les enseignants de l'Université de RENNES I et de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de RENNES à qui je dois l'approfondissement de mes connaissances en amélioration des plantes.

Je remercie vivement Messieurs JACQUOT et BAUDIN, respectivement Chef des Programmes Riz et Chef du Laboratoire de Phytopathologie à l'IRAT de MONTPELLIER, de l'intérêt qu'ils ont accordé à la réalisation de ce travail.

Ma profonde reconnaissance va à Monsieur NOTTEGHEM pour avoir initié puis suivi ce travail avec beaucoup d'intérêt.

Je tiens également à adresser mes sincères remerciements à Monsieur GLASZMANN pour ses conseils et son concours lors de l'analyse des résultats.

Enfin, que tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail, trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

R E S U M E

La résistance spécifique à la pyriculariose de 10 variétés de riz, parents de lignées haploïdes doublées (HD) ou "single seed descent" (SSD) (Sélection en mélange par filiation monograine) a été étudiée en utilisant 25 souches de Pyricularia oryzae Cav. d'origines géographiques diverses. Des isolats pouvant permettre d'élucider le déterminisme génétique de la résistance ont été détectés pour 7 des 10 lignées parentales testées. L'étude de l'hérédité de la résistance a été réalisée pour deux variétés, l'une japonica, IRAT 177, l'autre indica, APURA en utilisant des lignées HD et SSD issues du croisement IRAT 177 X APURA. Les résultats obtenus suggèrent la présence d'au moins deux gènes de résistance dans chaque variété. Ils indiquent aussi qu'au moins un des gènes de résistance de IRAT 177 est différent de ceux présents chez APURA. Les données recueillies suggèrent, en outre, que les 2 gènes qui gouvernent la résistance de la variété APURA aux isolats BR 14 et BR 26 sont vraisemblablement situés sur le chromosome 6.

Des travaux ultérieurs permettront d'élucider l'hérédité de la résistance à la pyriculariose des autres variétés et de cartographier les gènes en jeu.

MOTS CLEFS : riz ; Pyricularia oryzae Cav. ; gènes de résistance.

A B S T R A C T

The specific blast resistance of ten rice varieties, parents of doubled haploids (DH) or single seed descent (SSD) lines, has been studied using twenty five Pyricularia oryzae isolates from different geographic zones. For seven of the ten lines, suitable isolates for inheritance studies have been identified. Genetics of blast resistance in two varieties, one japonica, IRAT 177 and one indica, APURA, have been studied using DH and SSD lines derived from the cross IRAT 177 X APURA. The data revealed the presence of at least two resistance genes in each variety. The results also indicated that at least one of the resistance genes of IRAT 177 is different from those present in APURA. The data further revealed that the two genes conditioning resistance to the isolates BR 14 and BR 26 in APURA are probably located on chromosome 6.

Further work is needed to elucidate the inheritance of resistance to blast in the other varieties and map the genes.

KEY WORDS : rice ; Pyricularia oryzae Cav. ; resistance genes.

S O M M A I R E

	<u>PAGES</u>
<u>CHAPITRE I</u> : INTRODUCTION	1
<u>CHAPITRE 2</u> : GÉNÉRALITÉS	3
2.1. LE RIZ	3
2.1.1. Origine	3
2.1.2. Systématique	3
2.1.3. Importance économique	6
2.1.4. Types de riziculture	8
2.1.4.1. La classification de l'IRRI	8
2.1.4.2. La classification de l'ADRAO	9
2.1.5. Morphologie et caractéristiques génétiques du riz (<i>O. sativa</i> L.)	9
2.2. LA PYRICULARIOSE DU RIZ	10
2.2.1. L'agent pathogène : <i>Pyricularia oryzae</i> Cav.	11
2.2.2. Symptômes	11
2.2.3. Variabilité du pouvoir pathogène	12
2.2.4. Moyens de lutte	12
2.2.4.1. Lutte agronomique	13
2.2.4.2. Lutte chimique	13
2.2.4.3. Utilisation de variétés résistantes (lutte génétique)	13
2.2.4.4. Lutte intégrée	14
2.2.5. Génétique de la résistance à la pyriculariose	14
2.2.5.1. Méthodes d'étude	14
2.2.5.2. Quelques résultats	15
2.2.6. Amélioration génétique du riz pour la résistance à la pyriculariose	17
2.2.6.1. Utilisation de la résistance verticale	17

2.2.6.2. Utilisation de la résistance horizontale	18
2.2.6.3. Conclusion.	18
<u>CHAPITRE 3 : MATÉRIEL ET MÉTHODES</u>	20
3.1. LIGNEES DE RIZ	20
3.2. SOUCHES DE PYRICULARIA ORYZAE CAV. - INOCULATION	22
3.2.1. Recherche de souches de P. oryzae Cav. différenciant les parents des lignées HD et SSD.	22
3.2.2. Etude du déterminisme génétique de la résistance à la pyriculariose chez les variétés APURA et IRAT 177	24
3.3. MARQUEURS ISOZYMIQUES	24
3.4. ANALYSE STATISTIQUE	25
<u>CHAPITRE 4 : RÉSULTATS ET DISCUSSION</u>	26
4.1. RECHERCHE DE SOUCHES DE PYRICULARIA ORYZAE CAV. DIFFERENCIANT LES PARENTS DES LIGNEES HD ET SSD.	26
4.1.1. Croisement IRAT 177 X APURA	26
4.1.2. Croisement IR64 X AZUCENA	28
4.1.3. Croisement IR64 X IRAT 216	28
4.1.4. Croisement IRAT 216 X AZUCENA	28
4.1.5. Croisement IRAT 216 X ELONI	29
4.1.6. Croisement UPLR17 X MOROBEREKAN	29
4.1.7. Croisement AZUCENA X UPLR17	29
4.1.8. Croisement IR34583-22-1-2X BULU DALAM	29
4.1.9. Conclusion	30
4.2. ETUDE DE L'HEREDITE DE LA RESISTANCE A LA PYRICULARIOSE DES VARIETES IRAT177 ET APURA	30
4.2.1. Utilisation des lignées HD	30
4.2.1.1. Cas de IRAT 177	30
4.2.1.2. Cas de APURA	32
4.2.2. Utilisation des lignées SSD	32
4.2.2.1. Cas de IRAT 177	33
4.2.2.2. Cas de APURA	33
4.2.3. Discussion.	33

4.3. LOCALISATION DE GENES DE RESISTANCE A LA PYRICULARIOSE	37
4.3.1. Utilisation des lignées HD	37
4.3.2. Utilisation des lignées SSD	40
4.3.3. Discussion.	40

<u>CHAPITRE 5 : CONCLUSIONS</u>	44
---------------------------------	----

<u>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	45
------------------------------------	----

<u>ANNEXES</u>	
----------------	--

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURE

	<u>PAGES</u>
<u>TABEAU 1</u> : Production de riz dans le monde	5
<u>TABEAU 2</u> : Correspondance des principales classifications des riz cultivés	7
<u>TABEAU 3</u> : Résumé des premiers travaux sur la génétique de la résistance à la pyriculariose	16
<u>TABEAU 4</u> : Liste des lignées de riz utilisées	21
<u>TABEAU 5</u> : Résultats d'inoculation des parents des lignées HD ou SSD avec différentes souches de P. Oryzae Cav.	27
<u>TABEAU 6</u> : Résultats d'inoculation de lignées HD issues du croisement IRAT 177 X APURA	31
<u>TABEAU 7</u> : Résultats d'inoculation de lignées SSD issues du croisement IRAT 177 X APURA	34
<u>TABEAU 8</u> : Résultats des confrontations de lignées HD avec les isolats CD 101 et CD 121 : tableau de contingence.	36
<u>TABEAU 9</u> : Résultats des inoculations des lignées HD et SSD avec les isolats BR 14 et BR 26 : tableau de contingence.	38
<u>TABEAU 10</u> : Ségrégation de lignées HD pour les gènes de résistance à BR 14 ou BR 26 et le gène Sdh-1 : tableau de contingence.	39
<u>FIGURE 11</u> : Localisation des gènes de résistance à BR 14 ou BR 26.	41
<u>TABEAU 12</u> : Ségrégation des lignées SSD pour les gènes de résistance à BR 14 ou BR 26 et le gène Sdh-1 : tableau de contingence.	42

LISTE DES ANNEXES

- ANNEXE 1 : Liste des lignées HD et SSD utilisées
- ANNEXE 2 : Composition de la solution nutritive
- ANNEXE 3 : liste des souches utilisées
- ANNEXE 4 : Détermination des ratios correspondant aux taux de recombinaison de 20 % chez les HD et 30 % chez les SSD (recombinaison entre gènes de résistance et Sdh-1)
- ANNEXE 5 : Symptômes de pyriculariose sur feuilles de riz.

CHAPITRE I

INTRODUCTION

Le riz est la céréale la plus cultivée dans le monde après le blé (F.A.O., 1989). Les zones de culture très variées vont, des plateaux secs aux sols hydromorphes et argileux des plaines, et des climats tropicaux aux climats méditerranéens.

Le riz constitue la base de l'alimentation d'une grande part des pays les moins industrialisés et connaît, ces dernières années, un engouement de grande ampleur, notamment en Afrique et en Amérique Latine (SECOND, 1985).

Malheureusement, les rendements restent bas (moins de 2 t/ha) dans bien des zones de culture, notamment en Afrique (F.A.O., 1989). Plusieurs facteurs dont la non maîtrise de l'eau en culture irriguée, des facteurs socio-économiques, les insectes nuisibles et les maladies sont responsables de cette situation.

De nombreux agents pathogènes - champignons, bactéries, virus - provoquent des maladies sur le riz.

Les plus importantes maladies fongiques du riz comprennent la pyriculariose (Pyricularia oryzae cav.), l'helminthosporiose (Drechslera Oryzae Subramanian & Jain), la cercosporiose (Cercospora Oryzae Miyake) et le gigantisme (Fusarium moniliforme Sheld).

gibralda

La pyriculariose causée par *Pyricularia oryzae* Cav. est généralement considérée comme la maladie du riz la plus grave en raison de sa large distribution et de l'importance des dégâts qu'elle occasionne en conditions favorables (OU, 1985 ; NOTTEGHEM et BAUDIN, 1981). Des chutes de rendement de l'ordre de 64 % ont été enregistrées (MONTTOYA et AHN, 1984). L'augmentation des rendements du riz passe donc indubitablement par la protection des plantes contre la pyriculariose. Des fongicides efficaces sont connus ; mais des contraintes financières et techniques les rendent inaccessibles à bon nombre de producteurs, notamment dans les pays en voie de développement. Par ailleurs, les traitements chimiques peuvent entraîner l'accumulation de résidus toxiques dans l'environnement. L'utilisation de variétés résistantes se révèle le moyen de lutte le plus pratique et le plus économique contre cette maladie.

L'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (IRAT) s'emploie depuis plusieurs décennies à créer et à diffuser des variétés résistantes à la pyriculariose. La conduite rationnelle de ce programme suppose une connaissance aussi approfondie que possible des gènes de résistance présents dans les géniteurs employés. L'analyse des gènes de résistance spécifique est indispensable soit pour leur accumulation ("Pyramiding"), soit pour pouvoir utiliser des souches virulentes vis-à-vis des gènes, afin d'étudier la résistance partielle.

Les présents travaux s'inscrivent dans le cadre du Programme d'Amélioration Variétale du Riz pour la Résistance à la Pyriculariose de l'IRAT et visent l'analyse de la résistance spécifique de quelques variétés de riz.

CHAPITRE 2

GENERALITES

2.1. LE RIZ

2.1.1. ORIGINE

A en croire SWAMINATHAN (1984), l'origine du riz remonte si loin dans l'Antiquité qu'on ne la connaîtra sans doute jamais avec certitude. Alors que De CANDOLLE (1883) semblait hésiter entre l'Inde et la Chine pour situer l'origine du riz cultivé, PORTERES (1950) reconnut à l'Afrique d'avoir domestiqué cette céréale indépendamment de l'Asie. T.T. CHANG de l'Institut International de Recherches sur le Riz (IRRI), cité par SWAMINATHAN (1984), pense que le berceau de végétation du riz était le supercontinent de Gondwana ; lorsque le Gondwana se brisa pour former l'Afrique, l'Antarctique, l'Australie, Madagascar, l'Amérique du Sud et l'Asie du Sud et du Sud-Est, les différentes espèces d'*Oryza* dérivèrent avec les continents et se trouvèrent réparties dans des habitats géographiques différents.

2.1.2. SYSTEMATIQUE

Les riz cultivés appartiennent à la famille des Graminées, à la tribu des Oryzées et au genre *Oryza*.

D'un point de vue taxonomique, deux espèces de riz sont cultivées : *Oryza sativa* L. et *Oryza glaberrima* Steud.

L'espèce *Oryza glaberrima* Steud., surtout cultivée en Afrique de l'Ouest, se distingue essentiellement d'*Oryza sativa* L. par une ligule courte.

Oryza sativa L. est cultivée en Asie, mais aussi en Amérique, en Europe et en Afrique où elle tend à remplacer O. glaberrima.

La classification des variétés d'Oryza sativa L. s'est d'abord fondée sur des caractères qualitatifs tels que présence ou absence de barbe, couleur des glumelles et de l'arête, couleur du caryopse, complétés par la texture de l'endosperme, la taille et la forme des grains.

ISO (1928), cité par ANGLADETTE (1966), introduisit la notion de stérilité intervariétale.

MATSUO (1952), sur la base de caractères morphologiques et agronomiques, distingua trois types : A, B et C.

CHANG et BARDENAS (1965) rapportèrent l'utilisation courante en Asie des termes japonica, javanica et indica pour décrire les trois types de variétés (A, B, C) de MATSUO (tableau 1). Ces mêmes auteurs soulignèrent le caractère imprécis et artificiel de cette classification.

JACQUOT et ARNAUD (1979) se sont plus particulièrement intéressés aux riz pluviaux d'Afrique et d'Amérique Latine. En prenant en compte 71 caractères morphologiques et physiologiques, ces auteurs ont fait ressortir cinq groupes.

GLASZMANN et al. (1984), sur la base de caractères enzymatiques, proposèrent une structure bipolaire indica - japonica. Plus tard (1986), GLASZMANN et ARRAUDEAU montrèrent que les variétés dites javanica ne sont en fait rien d'autre que les formes tropicales d'un unique groupe japonica sensus largo.

La classification généralement admise aujourd'hui est celle suggérée par GLASZMANN en 1987. En se fondant sur des données isozymiques, cet auteur distingua six groupes dans les variétés de riz asiatiques dont deux majeurs (Groupes I et VI), deux mineurs (Groupes II et V) et deux satellites (Groupes III et IV) :

- le groupe I est rencontré à travers toute l'Asie Tropicale. Il renferme la plupart des variétés Aman (Bangladesh), les riz Tjereh d'Indonésie et les riz Hsien de Chine.

TABLEAU 1

CORRESPONDANCE DES PRINCIPALES CLASSIFICATIONS
DES RIZ CULTIVES (D'APRES ANGLADETTE, 1966)

KATO (1928)	Indica		Japonica
MATSUO (1952)	C	B	A
CHANG ET BARDENAS (1965)	Indica	Javanica	Japonica

- Le groupe II est présent exclusivement au sud et à l'ouest de l'Asie. Il comporte des variétés à cycle court et cultivables dans différentes conditions hydriques.

- Le groupe III se rencontre uniquement au Bangladesh et dans l'Etat de Manipur en Inde. Il renferme des riz particuliers à cycle court, insensibles à la photopériode et adaptés aux conditions de submersion profonde.

- Le groupe IV correspond aux riz Rawada du Bangladesh. Ce sont des riz très particuliers, tolérants au froid au stade jeune et sensibles à la photopériode.

- Le groupe V s'étend de l'Iran à la Birmanie. Il comprend des variétés très diverses dont certaines comme Basmati sont reconnues pour leur haute qualité.

- Le groupe VI domine dans les zones tempérées et les régions de forte altitude de l'Asie du Sud et du Sud-Est. Il renferme les riz Bulu de Java et Bali, la plupart des variétés de riz pluvial de l'Asie du Sud-Est, les riz Keng de Chine et les variétés traditionnelles du Japon et de la Corée.

2.1.3. IMPORTANCE ECONOMIQUE

La production mondiale de riz est estimée à environ 485 millions de tonnes en 1988 sur une superficie récoltée de l'ordre de 145 millions d'hectares (F.A.O., 1989).

Dans presque tout le règne végétal, le riz est la plante la plus adaptable : c'est elle qui occupe le plus grand nombre d'habitats différents (SWAMINATHAN, 1984). Le riz se cultive sur tous les continents, mais l'Asie vient largement en tête des zones productrices (tableau 2). En Afrique, les pays producteurs comprennent l'Egypte, Madagascar, le Nigéria, la Tanzanie, le Mali, la Sierra Leone, le Libéria, la Côte d'Ivoire et le Bénin.

De toutes les céréales que cultive l'homme, le riz est la seule qui soit presque exclusivement réservée à l'alimentation humaine. De fait, le riz constitue la moitié du régime alimentaire de 1,6 milliard d'êtres humains et, pour 400 millions

TABLEAU 2

PRODUCTION DE RIZ DANS LE MONDE EN MILLIERS DE TONNES
(D'APRES F.A.O., 1989)

	1986	1987	1988
Monde	472 510	464 804	484 932
Afrique	9 874	10 072	9 793
Amérique	23 637	24 074	26 481
Asie	433 320	445 186	442 687
Europe	2 303	2 153	2 278
Océanie	744	637	793

d'autres, il représente encore entre le quart et la moitié du régime alimentaire (SWAMINATHAN, 1984).

En Afrique, le riz, autrefois consommé essentiellement dans les grandes villes et à l'occasion des grandes fêtes, entre de plus en plus dans l'alimentation des populations, même rurales. De ce fait, et en raison de la faiblesse relative du taux d'accroissement de la production de riz sur le Continent, bon nombre de pays restent tributaires de l'étranger pour la couverture de leurs besoins. La lutte contre les principales causes des faibles rendements enregistrés en Afrique (sécheresse, contraintes socio-économiques, insectes nuisibles, maladies) permettra de réduire significativement cette dépendance.

2.1.4. TYPES DE RIZICULTURE

Plusieurs classifications des types de riziculture sont connues (ADRAO, 1978 ; GARRITY, 1982). Parmi elles, deux retiennent particulièrement l'attention : la classification de l'Institut International de Recherches sur le Riz (IRRI) et la classification de l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO).

2.1.4.1. La classification de l'IRRI

Elle concerne surtout l'Asie du Sud-Est et distingue deux grands groupes de riziculture suivant la source d'approvisionnement en eau : riziculture pluviale et riziculture irriguée. Sur la base du mode de préparation du sol, les rizicultures sont ensuite dites de plaine (les champs sont travaillés trempés) ou de "haute terre" (préparation des champs à sec). Enfin, suivant le régime hydrique, les rizicultures sont classées en :

- riziculture pluviale stricte : sans eau stagnante,
- riziculture de plaine : avec une nappe d'eau de 5 à 50 cm,
- riziculture de submersion profonde : avec une nappe d'eau de 51 cm à 5-6 m.

2.1.4.2. La classification de l'ADRAO

Elle est fondée sur le mode d'alimentation en eau des cultures, mais tient compte des types de sol pour différencier les sous-groupes. Elle distingue en premier lieu deux types fondamentaux : la riziculture sans submersion et la riziculture avec submersion.

2.1.4.2.1. La riziculture sans submersion ou riziculture non aquatique

La riziculture sans submersion se pratique sur un sol exondé où, durant tout le cycle cultural, aucune lame d'eau ne recouvre le sol, sauf cas exceptionnel et pour un temps très limité. Trois sous-groupes y sont distingués : riziculture pluviale stricte, riziculture de nappe et riziculture de décrue.

2.1.4.2.2. La riziculture avec submersion ou riziculture aquatique

Elle désigne l'ensemble des types de riziculture où le sol est submergé sur une hauteur plus ou moins importante pendant une partie appréciable du cycle végétatif du riz. Ce groupe comporte une grande diversité de types qui diffèrent, soit par la hauteur du plan d'eau dans la rizière, soit par la maîtrise de l'eau, soit par la qualité de l'eau. Deux principaux sous-groupes peuvent être signalés : riziculture de mangrove et riziculture d'eau douce.

2.1.5. MORPHOLOGIE ET CARACTERISTIQUES GENETIQUES DU RIZ (O. Sativa L.)

Le riz est une plante annuelle à chaumes dressés ou flottants disposés par touffes.

La tige est constituée de noeuds limitant un certain nombre d'entre-noeuds correspondants.

La hauteur de la tige principale varie entre 0,50 m et 2 m selon les variétés et peut atteindre 5 à 6 m pour les variétés flottantes.

La feuille du riz est essentiellement constituée de deux parties : la gaine foliaire et le limbe. A l'articulation : gaine-limbe se trouvent deux petites pièces : l'auricule et la ligule.

L'inflorescence est une panicule constituée d'un axe portant des ramifications primaires ou racèmes formant grappes, portant à leur tour des ramifications secondaires ou axilles ; ces axilles portent de petits épis d'un ou plusieurs épillets. L'axe de l'inflorescence comporte deux parties : la partie inférieure appelée pédoncule ou collet et la partie supérieure ou rachis portant des ramifications. A maturité, le rachis étant plus ou moins flexible, la panicule peut avoir un port érigé, semi-érigé ou pendant. La fleur fertile unique de l'épillet comporte les pièces florales suivantes :

- deux bractées extérieures, les glumes,
- deux bractées intérieures : la glumelle inférieure (ou lemma) et la glumelle supérieure (ou paléa),
- le périanthe réduit à deux petites membranes incolores : les glumellules rattachées à la base de la paléa,
- l'androcée composée de deux verticilles de trois étamines chacune,
- le gynécée constitué d'un pistil à carpelle unique surmonté de deux stigmates plumeux.

Le riz (O. Sativa L.) est une plante diploïde ($2n = 24$) et fortement autogame. Moins de 1 % d'allofécondation est normalement observé (De DATTA, 1981).

2.2. LA PYRICULARIOSE DU RIZ

La pyriculariose due à Pyricularia Oryzae Cav. est une des maladies les plus anciennement connues du riz. En effet, on en retrouve une description dans un livre chinois publié en 1637 (OU, 1985).

2.2.1. L'AGENT PATHOGENE : Pyricularia oryzae Cav.

Une certaine confusion subsiste à propos de la taxonomie et de la nomenclature de l'agent causal de la pyriculariose du riz. Deux noms de genre, Pyricularia et Dactylaria furent proposés par SACCARDO en 1880 (OU, 1985). CAVARA (1891) cité par OU (1985), fut le premier à décrire sur le riz, en Italie, une espèce de Pyricularia qu'il nomma Pyricularia oryzae.

Pyricularia oryzae Cav. peut adopter deux cycles de reproduction différents : la reproduction asexuée ou stade imparfait et la reproduction sexuée ou stade parfait ; mais le stade imparfait est le seul qui ait été observé dans la nature (YAMADA 1979 ; CHEVAUGEON et MAKOUNZI, 1981).

Pyricularia oryzae Cav. est un Champignon parasite facultatif qui peut se développer sur les tiges, les feuilles ou les panicules du riz. Sa spore est tricellulaire et peut, lorsqu'elle est hydratée, germer, former un appressorium et pénétrer à travers l'épiderme de l'hôte environ sept heures après l'hydratation (KATO et KOSAKA, 1974).

Quatre à dix-huit jours après l'infection, la lésion apparaît si le couple hôte - parasite est compatible (SUZUKI, 1975).

2.2.2. SYMPTOMES

La pyriculariose peut atteindre tous les organes de la plante ; mais les attaques les plus fréquentes sont celles des feuilles, des cous, des rachis de la panicule, des ligules et plus rarement des noeuds de la tige (NOTTEGHEM et BAUDIN, 1981).

Les lésions foliaires typiques sont elliptiques. Leur centre est généralement gris ou blanchâtre et leur bord brun ou rouge brun. Toutefois, la forme et la couleur des lésions varient suivant les conditions du milieu, l'âge des lésions et le degré de sensibilité du cultivar (OU, 1985).

La pyriculariose apparaît comme la maladie du riz la plus répandue puisqu'elle a été décrite dans la quasi-totalité des pays rizicoles. Les pertes de production occasionnées varient suivant le type de riziculture et l'organe de la plante touché par la maladie. Les chutes de rendement les plus importantes (64 %) furent observées en riziculture pluviale et pour la pyriculariose des panicules (MONTROYA et AHN, 1984).

2.2.3. VARIABILITE DU POUVOIR PATHOGENE

La pyriculariose du riz est considérée par certains chercheurs comme une maladie particulière en raison de la grande variabilité du pouvoir pathogène de l'agent causal, Pyricularia oryzae Cav.

La variation du pouvoir pathogène de Pyricularia oryzae Cav., observée pour la première fois par SASAKI (1922) au Japon, est généralement admise aujourd'hui par la plupart des chercheurs. Toutefois, l'ampleur attribuée au phénomène reste sujette à controverses.

La durée de vie des variétés résistantes est étroitement liée aux possibilités de variation dont bénéficie le parasite. Les causes de variation du pouvoir pathogène ne sont pas encore précisément établies. Après l'étude de plusieurs mécanismes possibles (mutation, hétérocaryose, parasexualité, reproduction sexuée), CHEVAUGEON et MAKOUNZI (1981) ont conclu que la mutation est vraisemblablement le moyen le plus fréquent dont dispose le Champignon pour surmonter les obstacles dressés par la création de nouvelles variétés de riz.

2.2.4. MOYENS DE LUTTE

Différentes méthodes sont utilisées pour lutter contre la pyriculariose du riz : pratiques culturales (lutte agronomique), lutte chimique, utilisation de variétés résistantes (lutte génétique), lutte intégrée.

2.2.4.1. Lutte agronomique

Elle repose sur l'ajustement des pratiques culturales. Des essais menés au Japon et ailleurs ont montré que le développement de la pyriculariose du riz dépend entre autres facteurs, de la date de semis, de la fertilisation, de l'eau d'irrigation, de la profondeur et de la densité de plantation (OU, 1985). Ainsi, par exemple, la réduction de la fertilisation azotée peut permettre d'éviter de sévères attaques de la maladie.

2.2.4.2. Lutte chimique

Des fongicides efficaces sont connus et largement utilisés dans certains pays rizicoles comme le Japon où de très hauts rendements en garantissent la rentabilité. Pour d'autres zones comme l'Afrique de l'Ouest, des contraintes socio-économiques et techniques interdisent encore l'utilisation régulière des pesticides.

2.2.4.3. Utilisation de variétés résistantes (lutte génétique)

L'utilisation de variétés résistantes reste le moyen de lutte le plus pratique et le plus économique contre la pyriculariose du riz.

VAN DER PLANCK (1968, 1975) distingue deux grands types de résistance :

- la résistance verticale caractérisée par des interactions différentielles entre l'hôte et le parasite et en général oligogénique et complète ;
- la résistance horizontale caractérisée par l'absence d'interaction différentielle entre l'hôte et le parasite et en général polygénique et partielle.

2.2.4.4. Lutte intégrée

Eu égard à la complexité de la pyriculariose, une intégration des différentes méthodes de lutte paraît recommandable. La combinaison de pratiques culturales adéquates, de résistance génétique et de traitements fongicides (en cas d'épidémies exceptionnellement intenses) devrait permettre de lutter efficacement contre la maladie.

2.2.5. GENETIQUE DE LA RESISTANCE A LA PYRICULARIOSE

2.2.5.1. Méthodes d'étude

La génétique de la résistance des variétés de riz à la pyriculariose peut être étudiée par différentes méthodes :

- Méthode des races différentielles de P. oryzae Cav. :

Les variétés à étudier sont inoculées avec des races différentielles de l'agent pathogène et leurs réactions sont comparées à celles des variétés différentielles inoculées avec les mêmes races.

- Méthode d'hybridation entre géniteurs :

Des croisements variété résistante X variété sensible et variété résistante X variété résistante sont réalisés. L'analyse de la ségrégation pour la résistance à la pyriculariose des générations F1, F2 et F3 permet d'élucider le déterminisme génétique de la résistance.

Cette méthode informe sur le nombre de gènes en jeu, mais ne fournit pas d'indication sur leur identité.

- Méthode d'hybridation entre variétés testées et variétés différentielles :

Les variétés à tester sont croisées avec les variétés différentielles. Les populations F2 et les parents sont confrontés avec des souches avirulentes aux deux parents.

Cette méthode apporte des précisions sur la présence de certains gènes suspectés.

- Utilisation de lignées haploïdes doublées (HD) ou "single seed descent" (SSD) (sélection en mélange par filiation monograine) :

Des lignées HD ou SSD issues du croisement des variétés à étudier sont inoculées avec des souches de P. oryzae Cav. différenciant les deux parents. L'analyse des ségrégations obtenues permet de connaître l'hérédité de la résistance des variétés parentales.

In situ
Cette nouvelle méthode offre l'avantage de permettre la cartographie des gènes en jeu. En effet, la confrontation des résultats d'inoculation et de la coségrégation des marqueurs isozymiques ou RFLP ("Restriction Fragment Length Polymorphism") (Polymorphisme de Longueur des Fragments de Restriction) peut aboutir à la localisation et à l'identification des gènes de résistance.

2.2.5.2. Quelques résultats

Des études génétiques dispersées débutèrent bien avant la reconnaissance de l'existence de races physiologiques de P. oryzae Cav. (TAKAHASHI, 1965). De ces travaux, il ressort que la résistance était dominante dans la plupart des cas et gouvernée par un à trois gènes (tableau 3).

Les études les plus connues ont été réalisées par KIYOSAWA et ses collègues au Japon. Ces auteurs ont identifié treize gènes de résistance : Pi-a, Pi-i, Pi-k, Pi-K^a, Pi-K^p, Pi-K^h, Pi-ta, Pi-ta², Pi-z, Pi-z^t, Pi-b, Pi-t et Pi-m (KIYOSAWA, 1972).

Trois nouveaux gènes (Pi-p, Pi-pt et Pi-zⁱ) ont été mis en évidence par VODOUHE (1986).

TABLEAU 3

RESUME DES PREMIERS TRAVAUX SUR LA GENETIQUE DE LA
RESISTANCE A LA PYRICULARIOSE (D'APRES TAKAHASHI, 1965)

AUTEURS	CULTIVARS UTILISES	NOMBRE DE CROI- SEMENTS	NOMBRE DE GENES	DOMINANCE
SASAKI (1923)	Japonica	7	1	Résistance
NAKATOMI (1926)	Japonica	6	2	Résistance
NOKAMORI (1936)	Japonica	2	2	Résistance
NOKAMORI et KOSATO (1949)	Japonica Indica	1	2	Résistance
HASHIOKA (1950)	Japonica et Indica	13	2	Résistance
TAKAHASHI (1951)	Japonica	8	3	Résistance
OKAIDA et MAEDA (1956)	Japonica et Indica	10	3	Résistance
OKA et LIN (1957)	Japonica et Indica	1	1	Sensibilité
ABUMIYA (1959)	Japonica et Indica	42	3	Résistance

Chez certaines variétés, la résistance est contrôlée par un gène dominant associé à un gène récessif (KIYOSAWA, 1978). Des cas d'épistasie ont été également signalés (BALAL et al., 1977 ; VODOUHE, 1984).

2.2.6. AMELIORATION GENETIQUE DU RIZ POUR LA RESISTANCE A LA PYRICULARIOSE

La plupart des variétés résistantes à la pyriculariose voient leurs résistances surmontées par de nouvelles races du parasite quelques années seulement après leur vulgarisation (OU, 1980 ; KIYOSAWA, 1977). Ces échecs répétés ont conduit les chercheurs à élaborer des stratégies d'utilisation plus efficaces des différents types de résistance.

2.2.6.1. Utilisation de la résistance verticale

La résistance verticale demeure efficace tant que les gènes qui la contrôlent ne sont pas surmontés. La grande variabilité du pouvoir pathogène de P. oryzae Cav. conduit à des faillites fréquentes de cette résistance et impose l'adoption de stratégies particulières pour en prolonger quelque peu la durabilité. Trois principales méthodes ont été proposées :

- accumulation de gènes de résistance ou "Pyramiding" :

Cette technique suggérée par les chercheurs de l'IRRI a été décrite par CRILL (1981). Elle consiste à incorporer de nouveaux gènes de résistance dans la variété cultivée au fur et à mesure que de nouvelles races virulentes du parasite apparaissent.

EZUKA (1979) a proposé la création d'une "supervariété" par accumulation simultanée de tous les gènes de résistance connus.

Cette méthode présente l'inconvénient de favoriser l'apparition de nouvelles souches virulentes sous l'effet de la pression de sélection directionnelle qu'exercent les variétés

créées sur la population de l'agent pathogène.

- Rotation de variétés :

Cette technique consiste en l'utilisation successive de variétés munies de différents gènes de résistance.

- Utilisation de variétés multilignées :

La variété multilignée est un mélange de plusieurs variétés si possible isogéniques ou ayant des caractéristiques agronomiques semblables et qui diffèrent les unes des autres par un ou plusieurs gènes de résistance spécifique (NAYAK et al., 1982).

L'un des inconvénients majeurs de cette méthode est sa lourdeur (maintien séparé des lignées constitutives).

2.2.6.2. Utilisation de la résistance horizontale

Une résistance partielle, polygénique et générale est supposée durable. Aussi, les variétés qui en sont pourvues ne prêtent à aucune stratégie d'utilisation particulière (VALES, 1987). Toutefois, en l'absence de certitude sur l'impossibilité d'une adaptation parasitaire, il semblerait plus prudent de maintenir une diversité des variétés dotées de ce type de résistance en évitant une trop grande parenté liée à l'utilisation d'un nombre restreint de géniteurs.

La résistance horizontale possède, néanmoins, l'inconvénient de ne conférer qu'une protection incomplète. Selon VALES (1987), dans des conditions trop favorables au parasite comme au Brésil, la résistance partielle se révèle insuffisante avec les variétés actuellement diffusées.

2.2.6.3. Conclusion

Les limitations à l'utilité de la résistance horizontale ne sont pas grandes, particulièrement quand elles sont comparées à celles de la résistance verticale. Comme le suggère à

juste titre ROBINSON (1973), un bon programme d'amélioration variétale devrait commencer par rechercher la résistance horizontale. Si un contrôle adéquat n'était pas accompli, la résistance horizontale pourrait alors être renforcée par la résistance verticale. Il reste théoriquement facile d'introduire, grâce à une série de backcross, un gène de résistance verticale dans une variété pourvue d'une résistance horizontale. La combinaison des deux types de résistance pourrait donner un bon contrôle qui soit à la fois complet et permanent.

CHAPITRE 3

MATERIEL ET METHODES

Les travaux ont été effectués à l'I.R.A.T., Département du Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) de MONTPELLIER (France), d'avril à septembre 1989.

3.1. LIGNÉES DE RIZ

L'étude a porté essentiellement sur deux variétés de riz, l'une indica, APURA, l'autre japonica, IRAT 177 et des lignées HD et SSD tirées de leur croisement. D'autres variétés, parents de lignées HD ou SSD en cours d'obtention ont également été utilisées. Les caractéristiques des différents cultivars sont indiquées dans le tableau 4.

Le processus d'obtention des lignées HD du croisement IRAT 177 X APURA a été décrit en détail par GUIDERDONI et al. (1989). Les semences F1 ont été produites par R. DECHANET à l'IRAT Guadeloupe et ont été semées durant la saison sèche 1986. Quelques épillets ont été choisis pour culture d'anthère. L'induction de cal a été réalisée sur le milieu semi-solide "N6" contenant des sels, du fer et des vitamines. Les cals de 1 à 2 mm émergeant des anthères 4 à 7 semaines après la mise en culture ont été repiqués pendant 4 autres semaines sous lumière sur le milieu "M7" (milieu "N6" de base complété par de la kinétine, de l'acide indol acétique, et du sucrose). Les cals transférés ont produit 16,5 % de plantules vertes et 31,2 % de plantules albinos. 163 plants régénérés ont été transférés dans des tubes à essai sur milieu "P" (milieu "N6" de base +

TABLEAU 4

Liste des lignées utilisées

LIGNEES	GROUPES
IRAT 177	Japonica
APURA	Indica
UPLRI 7	Indica
IRAT 216	Japonica
BULU DALAM	Japonica
ELONI	Indica
IR 64	Indica
IR 34583-22-1-2	non connu
AZUCENA	Japonica
MOROBEREKAN	Japonica
MARATELLI	Japonica

quelle référence

8 % de sucrose). 136 plants survécurent au transfert en pots, puis au champ et ceux qui se sont montrés partiellement ou entièrement autofertiles ont été retenus pour les études ultérieures.

Les lignées SSD du croisement IRAT 177 X APURA sont en cours de sélection à l'IRAT Guadeloupe. La génération la plus avancée au moment de cette étude était la F7. Les lignées utilisées (F7) n'étaient donc pas encore complètement fixées.

Au total, 47 lignées HD et 100 lignées SSD ont été utilisées (annexe 1).

Des semences des différentes lignées ont été semées en serre dans des bacs de 45 X 30 X 8 cm remplis de terreau. 14 ou 16 lignées ont été semées par bac à raison de 10 à 15 graines par lignée suivant la disponibilité en semences. Chaque bac de lignée HD ou SSD renfermait les deux parents et un témoin sensible, MARATELLI. Les plants ont été régulièrement arrosés au goutte-à-goutte avec une solution nutritive dont la composition est indiquée en annexe 2.

3.2. SOUCHES DE PYRICULARIA ORYZAE CAV. - INOCULATION

Deux étapes principales ont marqué le travail, à savoir :

- recherche de souches de P. Oryzae Cav. qui différencient les parents des lignées HD et SSD.

- Etude du déterminisme génétique de la résistance chez les variétés APURA et IRAT 177.

3.2.1. RECHERCHE DE SOUCHES DE P. ORYZAE CAV. DIFFERENCIANT LES PARENTS DES LIGNEES HD ET SSD

Vingt cinq souches d'origines géographiques diverses (annexe 3) ont été confrontées aux lignées parentales et au témoin sensible MARATELLI, en vue de détecter, pour chaque croisement, les isolats qui différencient les deux parents (isolats pathogènes à un seul parent).

Les souches de P. oryzae Cav. de la collection de l'IRAT à Montpellier sont conservées à long terme sur des fragments de tige paniculaire desséchés et placés à - 18° C selon la méthode de Latterell et al. (1960) et sur du papier filtre séché et gardé au congélateur. Les souches utilisées ont été sorties du congélateur en début d'expérimentation.

Le parasite a été cultivé dans une pièce à 28° C et environ 80 % d'humidité relative sur milieu farine de riz (farine de paddy : 20 g ; agar : 15 g ; extrait de levure : 2,5 g et spécilline G. 500 000 U.I. ajoutée après autoclavage) et sous éclairage artificiel (13 heures de lumière par jour).

Les multiplications des souches ont été faites par repiquage ou "étalement à sec" (tapage d'une boîte de pétri contenant une colonie ayant produit des spores au-dessus d'une boîte à ensemercer de façon à provoquer une chute de spores sur cette dernière) et en nombre limité, afin d'éviter une éventuelle perte d'agressivité.

L'inoculum a été préparé suivant la méthode décrite par NOTTEGHEM (1981) : le mycélium est raclé, agité dans de l'eau distillée et filtré sur étamine fine. La concentration en spores du filtrat est estimée avec un hématocymètre puis ajustée par dilution à 25 000 spores par millilitre.

Les plantes ont été inoculées par injection à la seringue au stade 5 à 6 feuilles, la dernière feuille étant à demi-dégainée (Notteghem, 1981).

L'examen des symptômes a été fait 7 jours après inoculation. Les lignées ont été notées suivant l'échelle 1-6 élaborée par NOTTEGHEM (1981) :

1 - Pas de symptômes ou apparition de décolorations ponctuelles.

2 - Présence de nombreuses ponctuations brunes.

3 - Présence de lésions à centre différencié de moins de 1 mm de diamètre.

4 - Présence de lésions à centre différencié de 1 à 2 mm de diamètre.

5 - Présence de lésions à centre différencié de plus de 2 mm de diamètre.

6 - Apparition de grandes lésions dont le contour n'est pas délimité par une bordure brune.

L'expérience montre que, dans le cas du couple variété résistante - souche avirulente, les dégâts peuvent varier de 1 à 3 (Notteghem, 1981). Les lignées notées de 1 à 3 ont donc été classées comme résistantes et celles ayant la note 4, 5 ou 6 ont été rangées comme sensibles.

3.2.2. ETUDE DU DETERMINISME GENETIQUE DE LA RESISTANCE A LA PYRICULARIOSE CHEZ LES VARIETES APURA ET IRAT 177

Un certain nombre de souches sélectionnées compte tenu des résultats de la première étape de travail, ont été confrontées avec les lignées HD et SSD en vue d'étudier l'hérédité de la résistance à la pyriculariose chez les variétés APURA et IRAT 177.

La multiplication des souches, la préparation de l'inoculum, l'inoculation et l'examen des symptômes ont été effectués suivant la procédure décrite en 3.2.1.

3.3. MARQUEURS ISOZYMIQUES

La ségrégation des lignées HD issues du croisement IRAT 177 x APURA pour 12 gènes isozymiques a été présentée par GUIDERDONI et al. (1989). Afin de vérifier les résultats obtenus sur les HD, l'électrophorèse des isozymes sur les lignées SSD a été réalisée pour 3 marqueurs (Shikimate déshydrogénase 1 (Sdh-1), Peroxidase -2 (Pox-2) et acidephosphatase-1 (Acp-1)) au Laboratoire d'Analyse du Génome des Espèces Tropicales (AGE-TROP) du CIRAD à Montpellier avec l'assistance technique de J.L. NOYER.

Ces données ont été confrontées à celles relatives à l'hérédité de la résistance spécifique à différentes souches de P. oryzae Cav. en vue de déceler d'éventuelles liaisons.gènes de résistance - marqueurs isozymiques.

3.4. ANALYSE STATISTIQUE

Les résultats relatifs à l'hérédité de la résistance spécifique ont été analysés par le test de χ^2 .

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. RECHERCHE DE SOUCHES DE P. ORYZAE CAV. DIFFÉRENCIANT LES PARENTS DES LIGNÉES HD ET SSD

Les résultats des confrontations des parents des lignées HD et SSD avec différentes souches de P. oryzae Cav. sont présentés dans le tableau 5.

4.1.1. CROISEMENT IRAT 177 X APURA

Deux souches, BR 26 et BR 14 se sont montrées nettement pathogènes sur IRAT 177 et avirulentes sur APURA. La variété APURA s'est révélée sensible aux isolats CD 101 et CD 121 alors que IRAT 177 leur était résistante. La souche PN 6 s'est signalée avirulente sur IRAT 177 et modérément pathogène sur APURA.

Plusieurs isolats (GY 12, GY 10, GY 11, TH 3, MS 2, CL 6, CM 14, BR 13, CD 41, CD 58, CM 1, PH 5) se sont montrés avirulents sur les deux parents. La souche BN 7 s'est révélée pathogène sur IRAT 177 et APURA.

Compte tenu de ces résultats, 6 souches, à savoir BR 26, BR 14, CD 101, CD 121 et GY 12 ont été choisies pour l'étude de l'hérédité de la résistance chez APURA et IRAT 177. Une sixième souche, FR 9, reconnue avirulente sur les deux parents dans des essais antérieurs (Notteghem, Communication personnelle), a été également retenue.

ML 25
JAY
ML 1
CD 128

TABLEAU 5

RESULTATS D'INOCULATION DES PARENTS DES LIGNEES HD ou SSD AVEC DIFFERENTES
SOUCHES DE P. ORYZAE CAV.

LIGNEE SOUCHE	IRAT177	APURA	UPLR17	IRAT216	BULU BALAM	ELONI	IR64	IR34583	AZUCENA	MOROBEREKAN	MARATELLI
CMI	R	R	R	R	S	R	R	R	S		S
CL6	R	R	S	R	S	R	R	R	S		S
PH11	R		S	R	S	S	R	R	S	R	S
BR19	R	R	S	R	S	R	R	R			S
TH3	R	R	S	R	S	R	R	R	S	R	S
CM28	R	R	S	R	S	R	S	R	S		S
MS2	R	R	R	R	S	R	R	R	S		S
GY11	R	R	R	R	S	R	R	R	S		S
BR26	S	R	R	R	S	R	R	R	S	S	S
CM14	R	R	S	R	S	R	R	R	S	R	S
PN6	R	MS	S	R	S	R	R	R	S	R	S
BR14	S	R	R	R	S	R	R	R	S		S
CD41	R	R	R	R	S	R	R	R	S	R	S
BF13	R	R		R	S	R	R	R	S		S
BR13			R	R	S	R	R	R	S		S
GY12	R	R	S	R	S	R	R	R	S		S
PH5	R	R	R	R	S	R	S	R	S	R	S
GY10	R	R	S	R	S	R	R	R	S		S
CD121	R	S	R	R	S	R	R	R	S	S	S
PH14	R	R	S		S	R					S
BN7	S	S	R	R	S	R	R	R	S	R	S
CD58	R	R								R	S
CD101	R	S								R	S
CD126	MS	R									S
BR18	MS	R									S

R = résistant

4.1.2. CROISEMENT IR 64 X AZUCENA

La lignée IR 64 ne s'est montrée sensible qu'à deux des souches utilisées, à savoir CM 28 et PH 5. La variété AZUCENA, elle, s'est révélée hautement sensible à tous les isolats inoculés.

Les souches CM1, CL 6, PH 11, BR 19, TH 3, MS 2, GY 11, BR 26, CM 14, PN 6, BR 14, CD 41, BF 13, BR 13, GY 12, GY 10, CD 121, PH 14 et BN 7 pourraient donc être utilisées pour étudier le déterminisme génétique de la résistance à la pyriculariose chez la lignée IR 64. CM 28 et PH 5 pourraient aussi être retenues pour déceler d'éventuels effets de complémentarité de gènes.

D'autres isolats devront être confrontés avec les deux parents afin de détecter des souches qui soient à la fois avirulentes sur AZUCENA et pathogènes sur IR 64.

4.1.3. CROISEMENT IR 64 X IRAT 216

Aucune des souches utilisées ne s'est montrée pathogène sur IRAT 216.

Les souches CM 28 et PH 5 devraient, en conséquence, être retenues pour l'étude de l'hérédité de la résistance à la pyriculariose chez la variété IRAT 216.

4.1.4. CROISEMENT IRAT 216 X AZUCENA

Eu égard aux résultats commentés dans les paragraphes précédents, les lignées HD issues de ce croisement permettront d'élucider l'hérédité de la résistance de IRAT 216 aux isolats CM 1, CL 6, PH 11, BR 19, TH 3, CM 28, MS 2, GY 11, BR 26, CM 14, PN 6, BR 14, CD 41, BF 13, GY 12, PH 5, GY 10, CD 121 et BN 7.

Des souches avirulentes sur AZUCENA mais pathogènes sur IRAT 216 devront être recherchées pour l'étude du déterminisme génétique de la résistance à la pyriculariose chez la lignée AZUCENA.

4.1.5. CROISEMENT IRAT 216 X ELONI

Une seule souche, PH 11 s'est révélée pathogène sur la variété ELONI. La résistance de IRAT 216 à cet isolat (PH 11) pourra être étudiée en utilisant les lignées HD issues du croisement IRAT 216 X ELONI. De nouvelles confrontations souches-parents doivent être envisagées en vue d'identifier des isolats pathogènes sur IRAT 216 et avirulents sur ELONI.

4.1.6. CROISEMENT UPLRI 7 X MOROBEREKAN

Les souches CD 121 et BR 26 se sont révélées pathogènes sur MOROBEREKAN et non pathogènes sur UPLRI 7. La variété UPLRI 7 s'est montrée sensible à PH 11, PN 6, GY 12 et CM 14, isolats avirulents sur MOROBEREKAN. Les souches BN 7 et CD 41 étaient avirulentes sur les deux parents.

L'hérédité de la résistance à la pyriculariose des variétés UPLRI 7 et MOROBEREKAN pourra donc être étudiée en confrontant les lignées HD issues du croisement UPLRI 7 X MOROBEREKAN avec les souches CD 121, BR 26, PH 11, PN 6, GY 12, CM 14, BN 7 et CD 41.

4.1.7. CROISEMENT AZUCENA X UPLRI 7

UPLRI 7 s'est montrée résistante aux isolats CM 1, MS 2, GY 11, BR 26, BR 14, CD 41, BF 13, BR 13, PH 5, CD 121 et BN 7. Ces souches pourraient être confrontées aux lignées HD issues du croisement AZUCENA X UPLRI 7 pour élucider le déterminisme génétique de la résistance à la pyriculariose chez la variété UPLRI 7.

Des travaux ultérieurs s'imposent pour détecter des isolats qui soient à la fois pathogènes sur UPLRI 7 et avirulents sur AZUCENA.

4.1.8. CROISEMENT IR 34583-22-1-2 X BULU DALAM

La lignée IR 34583 - 22 - 1 - 2 s'est révélée résistante

à toutes les souches inoculées. Par contre, la variété BULU DALAM s'est montrée hautement sensible à tous les isolats utilisés.

Les souches CM 1, CL 6, PH 11, TH 3, CM 28, MS 2, GY 11, BR 26, CM 14, PN 6, BR 14, CD 41, BF 13, BR 13, GY 12, PH 5, GY 10, CD 121 et BN 7 pourront donc être confrontées aux lignées SSD issues du croisement IR 34583-22-1-2 X BULU DALAM afin d'analyser la résistance spécifique à la pyriculariose de la lignée IR 34583-22-1-2. L'étude du déterminisme génétique de la résistance à la pyriculariose chez la variété BULU-DALAM à l'aide des lignées SSD issues du croisement IR 34583-22-1-2 x BULU DALAM passera par la détection de souches qui soient à la fois avirulentes sur BULU DALAM et pathogènes sur IR 34583-22-1-2.

4.1.9. CONCLUSION

Des souches de P. oryzae Cav. pouvant permettre d'étudier l'hérédité de la résistance, ont été détectées pour sept des dix parents testés. Des travaux ultérieurs conduiront, probablement, à l'identification d'isolats susceptibles de différencier les parents des croisements impliquant les variétés AZUCENA, ELONI et BULU DALAM. La cartographie des gènes de résistance spécifique des lignées parentales pourra alors être initiée dès que les lignées HD ou SSD seront disponibles.

4.2. ETUDE DE L'HÉRÉDITÉ DE LA RESISTANCE À LA PYRICULARIOSE DES VARIÉTÉS IRAT 177 ET APURA

4.2.1. UTILISATION DES LIGNEES HD

Les résultats d'inoculation de lignées HD issues du croisement IRAT 177 x APURA figurent dans le tableau 6.

4.2.1.1. Cas de IRAT 177

Inoculée avec la souche CD 101, la population de lignées HD a ségrégué en 32 résistants : 12 sensibles, ce qui correspond

TABLEAU 6

**RESULTATS D'INOCULATION DE LIGNEES HD ISSUES DU
CROISEMENT IRAT 177 X APURA**

Souche	Réponse des parents (IRAT 177 x APURA)	Ségrégation HD Nombre de lignées		X ² (ratio)	P
		Résis- tantes	Sensi- bles		
BR26	S X R	27	15	3,43 (1:1)	0,05-0,10
BR14	S X R	27	15	3,43 (1:1)	0,05-0,10
CD101	R X S	32	12	0,12 (3:1)	0,50-0,75
CD121	R X S	21	24	0,2 (1:1)	0,50-0,75
GY12	R X R	43	3	0,006 (15:1)	0,90-0,95
FR9	R X R	47	0		

P = Probabilité

42 / 4
10

bien à un ratio 3 résistants : 1 sensible. La résistance de IRAT 177 à CD 101 serait donc conditionnée par deux gènes. Une ségrégation de 21 résistants : 24 sensibles très conformes à un ratio 1 résistant : 1 sensible a été obtenu en inoculant la population de lignées HD avec l'isolat CD 121. La résistance de IRAT 177 à CD 121 est donc monogénique.

269 ← La confrontation des mêmes lignées HD avec des souches avirulentes aux deux parents (FR 9 et GY 12) a fourni une uniformité de lignées résistantes et une ségrégation de 15 résistants : 1 sensible respectivement pour FR 9 et GY 12. Les gènes gouvernant la résistance des lignées IRAT 177 et APURA à l'isolat FR 9 sont donc probablement identiques ou fortement liés. Les résultats de la confrontation avec GY 12 suggèrent, par contre, que la résistance à cette souche fait appel à quatre gènes et que les gènes de résistance sont différents dans les deux variétés. A cette étape, deux hypothèses paraissent envisageables :

- présence de 3 gènes dans l'une des variétés et d'un gène dans l'autre,
- présence de 2 gènes dans chaque variété.

4.2.1.2. Cas de APURA

Les inoculations des lignées HD avec BR 26 ont abouti à une ségrégation de 25 résistants : 17 sensibles, assez conforme à un ratio 1 résistant : 1 sensible mais significativement éloignée du ratio 3 résistants : 1 sensible. La résistance de APURA à la souche BR 26 serait donc sous le contrôle d'un gène.

Confrontée à l'isolat BR 14, la population de lignées HD a ségrégué en 25 résistants : 17 sensibles, ce qui correspond assez bien à un ratio 1 résistant : 1 sensible. Un gène gouvernerait donc la résistance de la variété APURA à BR 14.

4.2.2. UTILISATION DES LIGNEES SSD

Les résultats d'inoculation des lignées SSD issues du croi-

sement IRAT 177 X APURA sont présentés dans le tableau 7.

4.2.2.1. Cas de IRAT 177

La population de lignées SSD a donné, en confrontation avec la souche CD 101, une ségrégation de 50 résistants : 43 sensibles, ce qui est bien conforme à un ratio 1 résistant : 1 sensible. Ces résultats indiquent que la résistance de la variété IRAT 177 à l'isolat CD 101 est probablement conditionnée par un gène.

Aucune ségrégation n'a été observée dans la confrontation avec FR 9 alors que les inoculations avec GY 12 ont abouti à un ratio très conforme à 15 résistants : 1 sensible. Les hypothèses émises en 4.2.1.1. quant à la résistance à ces deux souches restent donc valables.

4.2.2.2. Cas de APURA

Confrontée à la souche BR 26, la population de lignées SSD a ségrégué conformément à un ratio 3 résistants : 1 sensible. Le même ratio a été obtenu dans les confrontations lignées SSD-BR 14. La résistance de la lignée APURA à BR 26 ou BR 14 serait donc sous la dépendance de deux gènes.

4.2.3. DISCUSSION

De l'analyse des résultats obtenus sur les lignées HD et SSD, il ressort à la fois des similitudes et des points de discordance.

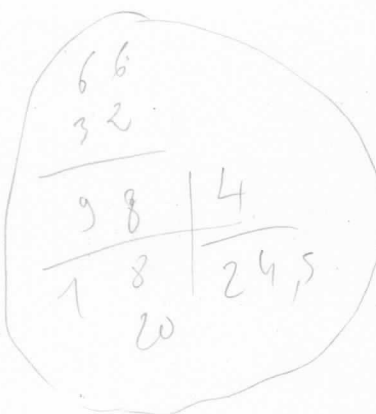
Les résultats des confrontations des lignées HD avec la souche CD 101 suggèrent que la résistance de IRAT 177 à cet isolat est gouvernée par deux gènes. A l'opposé, le ratio 1 résistant : 1 sensible, obtenu en inoculant la population de lignées SSD avec la même souche, milite en faveur d'un contrôle monogénique de la résistance. Il pourrait s'agir de deux gènes de résistance liés. En effet, avec de tels gènes, des ségrégations allant de 3 résistants : 1 sensible à 1 résistant : 1 sensible peuvent apparaître suivant le taux de liaison.

TABLEAU 7

RESULTATS D'INOCULATION DE LIGNEES SSD ISSUES
DU CROISEMENT IRAT 177 X APURA

Souche	Réponse des parents (IRAT 177 X APURA)	Ségrégation SSD Nombre de lignées		X ² (ratio)	P
		Résis- tantes	Sensi- bles		
BR26	S X R	66	32	3,06 (3:I)	0,05-0,10
BR14	S X R	48	24	2,67 (3:I)	0,10-0,25
CD101	R X S	50	43	0,53 (I:I)	0,25-0,50
GY12	R X R	93	7	0,096 (15:I)	0,75-0,90
FR9	R X R	97	0		

P = probabilité



La confrontation des réactions des lignées HD aux isolats CD 101 et CD 121 laisse apparaître une ségrégation assez conforme à un ratio 2 résistants aux deux souches : 1 résistant à CD 101 et sensible à CD 121 : 1 sensible aux deux souches ($\chi^2 = 1,59$) (tableau 8).

Le gène contrôlant la résistance à CD 121 chez la variété IRAT 177 serait donc identique ou fortement lié à l'un des deux gènes gouvernant la résistance à CD 101. Les deux points de divergence constatés (deux lignées sensibles à CD 101 et résistantes à CD 121) pourraient être dus à des erreurs de classification et/ou à des variations imputables à différents éléments dont les conditions du milieu.

Pour les souches FR 9 et GY 12, une concordance quasi parfaite se note lorsqu'on compare les résultats obtenus sur les lignées HD avec ceux enregistrés sur les lignées SSD. Les gènes gouvernant la résistance des lignées IRAT 177 et APURA à l'isolat FR 9 sont donc vraisemblablement identiques ou fortement liés. La résistance à GY 12, elle, se trouve probablement sous le contrôle de quatre gènes et les gènes de résistance sont différents dans les deux variétés. Ces résultats ne permettent pas, toutefois, de se prononcer avec précision sur le nombre de gènes conditionnant la résistance dans chaque variété. Les deux combinaisons signalées en 4.2.1.1. (3 gènes dans l'une des variétés et 1 gène dans l'autre ou deux gènes dans chaque variété) restent toutes envisageables.

Des travaux ultérieurs utilisant par exemple des populations F 2 des croisements IRAT 177 X MARATELLI (une variété sans gène de résistance spécifique) (Notteghem, communication personnelle) et APURA X MARATELLI, pourraient permettre de clarifier ce point.

Les résultats divergent, pour les souches BR 26 et BR 14 : ratio plus conforme à 1 résistant : 1 sensible qu'à 3 résistants : 1 sensible dans la population de lignées HD et ratio plus proche de 3 résistants : 1 sensible que de 1 résistant : 1 sensible dans la population de lignées SSD.

TABLEAU 8 : Résultats des confrontations des lignées HD avec les isolats CD 101 et CD 121 : tableau de contingence

	Résistantes à CD 121	Sensibles à CD 121
Résistantes à CD 101	18	14
Sensibles à CD 101	2	9

↓
déficit

Deux gènes liés contrôlèrent donc la résistance de la lignée APURA à la souche BR 26 ou à l'isolat BR 14. L'essai de différents taux de recombinaison a permis de déceler que le pourcentage de recombinaison pour chaque paire de gènes serait d'environ 20 % dans la population de lignées HD et 30 % dans la population de lignées SSD. Cette variation du taux de recombinaison d'une population à l'autre est bien conforme aux attentes. En effet, selon HALDANE et ^vWADDINGTON (1931), un taux de recombinaison r chez les HD et le taux correspondant ^R chez les SSD sont liés par la relation

$$R = \frac{2r}{1 + 2r}$$

L'examen minutieux des résultats révèle que les réactions des différentes lignées (HD ou SSD) aux souches BR 14 et BR 26 sont comparables (tableau 9). Il semble donc probable que les gènes contrôlant la résistance à BR 14 et BR 26 soient identiques ou fortement liés.

4.3. LOCALISATION DE GÈNES DE RÉSISTANCE À LA PYRICULARIOSE

4.3.1. UTILISATION DES LIGNÉES HD

L'examen de la ségrégation des lignées HD pour les gènes de résistance et les marqueurs isozymiques, a fait apparaître l'existence d'une liaison probable entre les gènes de résistance aux souches BR 14 et BR 26 et un marqueur isozymique, Shikimate déshydrogénase (Shd-1).

La ségrégation obtenue, à savoir, 22 lignées de type parental : 9 lignées recombinées (tableau 10) est significativement éloignée du ratio de ségrégation indépendante (1 lignée de type parental : 1 lignée recombinée) au seuil de 5 %. Ces résultats suggèrent que les deux gènes qui confèrent la résis-

TABLEAU 9 : Résultats des confrontations des lignées HD et SSD avec les isolats BR 14 et BR 26 : tableaux de contingence

LIGNEES HD

	Résistantes à BR 26	Sensibles à BR 26
Résistantes à BR 14	27	-
Sensibles à BR 14	-	15

LIGNEES SSD

	Résistantes à BR 26	Sensibles à BR 26
Résistantes à BR 14	40	-
Sensibles à BR 14	-	26

TABLEAU 10 : Ségrégation des lignées HD pour les gènes de résistance à BR 14 ou BR 26 et le gène Sdh-1 : tableau de contingence

	R	S
1	14	4
O	5	8

$$\chi^2 (21 \text{ R1} : 9 \text{ R0} : 4 \text{ S1} : 16 \text{ S0}) = 1,57$$

R = résistante à BR 14 ou BR 26

S = sensible à BR 14 et BR 26

1 = phénotype de APURA pour Sdh-1

O = phénotype de IRAT 177 pour Sdh-1.

tance à BR 14 ou BR 26 sont liés au marqueur isozymique Sdh-1. Ce gène a été localisé par RANJHAN et al. (1988) sur le chromosome 6 du riz (Nomenclature de Shastry et al. (1960)).

L'étude plus approfondie de la ségrégation montre qu'elle est très conforme à un ratio 21 R 1 : 9 RO : 4S1 : 16 SO ($X^2 = 1,57$) (annexe 4) attendu dans le cas de l'agencement montré sur la figure 11. Il y aurait donc un taux de recombinaison d'environ 20 % entre l'un des gènes de résistances et Sdh-1. Le positionnement par rapport au locus Acp-1 a été permis par l'observation d'indépendance entre ce locus et les gènes de résistance.

4.3.2. UTILISATION DES LIGNEES SSD

Les résultats relatifs à la ségrégation des lignées SSD pour les 2 gènes de résistance et Sdh-1 sont présentés dans le tableau 12.

Selon HALDANE et WADDINGTON (1931), les 20 % de recombinaison deviennent ici 29 %.

Le ratio observé dans la population de lignées SSD est bien conforme au ratio attendu, compte-tenu des hypothèses émises en 4.3.1. Le modèle proposé en figure 11 se trouve donc confirmé.

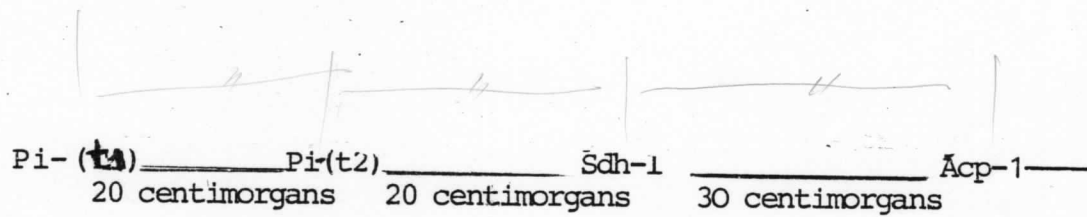
4.3.3. DISCUSSION

La confrontation des résultats d'inoculation des lignées HD et des données isozymiques a fait ressortir l'existence d'une liaison probable entre 2 gènes contrôlant la résistance aux souches BR 14 et BR 26 chez la variété APURA et un marqueur isozymique, Sdh-1 situé sur le chromosome 6. Cette hypothèse a été confirmée sur les lignées SSD. Elle paraît donc vraisemblable.

L'une des difficultés de cette analyse (recherche de liaisons) réside dans le caractère digénique du déterminisme de la résistance dans la plupart des cas étudiés. En effet, les ségrégations monogéniques se prêtent mieux à ce type d'analyse. Des isolats fournissant de telles ségrégations devraient être recherchés pour les travaux futurs.

FIGURE 11

Localisation des gènes $Pi-(t1)^*$ et $Pi-(t2)^*$ de résistance aux souches BR 14 ou BR 26 et du gène isozymique Sdh-1 sur le chromosome 6 du riz (Nomenclature de Shastry et al. (1960)).



* désignation provisoire

TABLEAU 12 : Ségrégation des lignées SSD pour les gènes de résistance à BR 14 ou BR 26 et le gène Sdh-1 : tableau de contingence.

	R	S
1	30	5
O	16	15

X^2 (8,59 R1 : 5,6 RO : 2,3 S1 : 5,29 SO) = 1,31

R = résistante à BR 14 ou BR 26

S = sensible à BR 14 et BR 26

1 = phénotype de APURA pour Sdh-1

O = phénotype de IRAT 177 pour Sdh-1.

Une autre contrainte, et non des moindres, dans cette étude, est le nombre limité de marqueurs isozymiques (12). L'utilisation des marqueurs RFLP connus en plus grand nombre, pourrait permettre de détecter davantage de liaisons et de cartographier de façon plus précise un nombre plus élevé de gènes de résistance.

CHAPITRE 5

CONCLUSIONS

Les présents travaux ont permis de détecter des souches de Pyricularia oryzae Cav. différenciant les parents de lignées HD et SSD déjà produites ou en cours d'obtention. Ces isolats serviront à élucider le déterminisme génétique de la résistance à la pyriculariose chez les lignées parentales.

L'étude de l'hérédité de la résistance a été réalisée pour deux variétés, l'une japonica, IRAT 177, l'autre indica, APURA. Les résultats obtenus suggèrent la présence d'au moins deux gènes de résistance à la pyriculariose dans chacune des deux variétés. Ils indiquent aussi qu'au moins un des gènes de résistance de IRAT 177 est différent de ceux présents chez APURA.

Les données recueillies suggèrent, en outre, que les deux gènes qui gouvernent la résistance de la variété APURA aux isolats BR 14 et BR 26 sont vraisemblablement situés sur le chromosome 6 du riz.

Ces travaux doivent être poursuivis afin de :

- détecter des souches de P. oryzae Cav. qui différencient les parents des lignées HD et SSD issues des croisements impliquant les variétés AZUCENA ELONI et BULU DALAM ;
- élucider l'hérédité de la résistance à la pyriculariose des variétés parentales ;
- cartographier avec précision les gènes de résistance.

Cette connaissance approfondie des gènes de résistance spécifique contenus dans des géniteurs très utilisés à l'IRAT, à l'IRRI et dans d'autres stations de recherche agronomique, facilitera énormément leur manipulation dans les programmes d'amélioration variétale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 - A.D.R.A.O., 1978 : Classification des types de riziculture pratiqués en Afrique de l'Ouest.
Présentée à la Réunion sur la Recherche Rizicole. Monrovia - Libéria, Mai 1978.
- 2 - ANGLADETTE A., 1966 : Le riz.
Maisonnette et Larose, Paris, 930 p.
- 3 - BALAL M.S., SELIM A.K., HASSANIEN S.H. and MAXIMOS M.A., 1977 : Inheritance of resistance to leaf and neck blast in rice.
Egypt J. Genet. Cytol. 6 : 332-341.
- 4 - CANDOLLE (De), 1883 : Origine des plantes cultivées.
Paris, 378 p.
- 5 - CHANG T.T. and BARDENAS E.A., 1965 : The morphology and varietal characteristics of the rice plants.
Int. Rice Res. Inst. Tech. Bull. 4, Los Banos, Philippines.
- 6 - CHEVAUGEON J. and et MAKOUNZI J.A., 1981 : Variabilité de *Pyricularia oryzae* Briosi et Cav. en Afrique de l'Ouest.
In : Comptes-rendus du Symposium sur la Résistance du Riz à la Pyriculariose. Montpellier - France, 18-21 mars 1981, p. 154-166.
- 7 - CRILL P., 1981 : Gene rotation and race prediction.
In : Report and Recommendations of travelling workshop held at Goiania, Goias and Campinas, Sao Paulo - Brazil.
IRRI, Los Banos, Philippines, p. 25-27.
- 8 - DE DATTA S.K., 1981 : Principles and practices of rice production.
John Wiley and Sons. New York - Chichester - Brisbane - Toronto - Singapore, 618 p.

- 9 - EZUKA A., 1979 : Breeding for and genetics of blast resistance in Japan.
In : Proceedings of the Rice Blast Workshop IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines, p. 27-48.
- 10 - F.A.O., 1989 : Bulletin trimestriel de statistiques, vol. 2, n° 1, 1989.
- 11 - GARRITY D.P., BRINKMAN R. and HUKA R.E., 1984 : Developing a functional classification of Asian Rainfed rice environments.
Paper presented at the IRRI Conference, 19-23 April 1984, Los Banos, Philippines, 25 pages.
- 12 - GLASZMANN J.C., 1987 : Isozymes and classification of Asian rice varieties.
Theor. Appl. Genet., 74 : 21-30.
- 13 - GLASZMANN J.C. and ARRAUDEAU M., 1986 : Rice plant type variation : "Japonica" - "Javanica" relationships.
Rice Genetics Newsletter, vol. 3 : 41-43.
- 14 - GLASZMANN J.C., BENOIT H. and ARNAUD M., 1984 : Classification des riz cultivés (*Oryza sativa* L.). Utilisation de la variabilité enzymatique.
l'Agronomie Tropicale, 1984, 39 (1) : 51-66.
- 15 - GUIDERDONI E., GLASZMANN J.C. and COURTOIS B., 1989 : Segregation of 12 isozymes genes among doubled haploid lines derived from a japonica x indica cross of rice (*Oryza sativa* L.).
Euphytica, 42 : 45-53.
- 16 - HALDANE J.B.S. and WADDINGTON C.J., 1931 : Inbreeding and linkage.
Genetics 16 : 357-374.
- 17 - JACQUOT M. et ARNAUD M., 1979 : Classification numérique des variétés de riz.
l'Agron. Trop., 34 (2) : 157-173.

- 18 - KATO H. and KOSAKA T., 1974 : Effect of temperature on lesion enlargement and sporulation of *Pyricularia oryzae* in leaves.
Phytopathology 64 : 828-830.
- 19 - KIYOSAWA S., 1972 : Genetics of blast resistance.
Pages 203-225 In International Rice Research Institute Rice breeding, Los Banos, Philippines.
- 20 - KIYOSAWA S., 1977 : Some examples of pest and disease epidemic in Japan and their causes.
Ann. of N.Y. Acad. of Sci., 287, 35-44.
- 21 - KIYOSAWA S., 1978 : Identification of blast resistance in some rice varieties.
Japan Journal of Breeding 28 (4) : 287-296.
- 22 - LATTERELL F.M., TULLIS E.C. and COLLIER J.W., 1960 :
Physiologic races of *Pyricularia oryzae* Cav.
Pl. Sis. Repr. 44 : 679-683.
- 23 - MATSUO T., 1952 : Genecological studies on cultivated rice.
Bull. Nat. Inst. Agr. Sci., Japon D3 : 1-111.
- 24 - MONTOYA M.C.A. et AHN S.W., 1984 : Yield loss due to *Pyricularia* in Cica 8 rice under simulated favorable dry conditions and epidemiological parameters for estimating infection levels.
Acta Agronomica (1984), 34 (3) : 23-47.
- 25 - NAYAK P., ROW K.V.S.R.K., AHMED A., CHAKRABARTI N.K., 1982 : Progress of blast infection in mixed population of rice Varieties with differential reaction.
Oryza 10 (1) : 20-22.

- 26 - NOTTEGHEM J.L., 1981 : Analyse des résultats d'inoculation de 67 variétés de riz par 15 souches de *Pyricularia oryzae*.
In : Comptes rendus du Symposium sur la résistance du riz à la pyriculariose. IRAT/GERDAT, Montpellier (France), 18-21 mars 1981 : 74-96.
- 27 - NOTTEGHEM J.L., 1989 : Communication personnelle.
- 28 - NOTTEGHEM J.L. et BAUDIN P., 1981 : Principales maladies du riz en Afrique de l'Ouest.
ADRAO, Monrovia - Libéria, 33 p.
- 29 - OU S.H., 1980 : Pathogen variability and host resistance in rice blast disease.
Ann. Rev. Phytopathol., 18, 167-187.
- 30 - OU S.H., 1985 : Rice diseases
Second Edition.
Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, U.K., 380 p.
- 31 - PORTERES R., 1950 : Articulation intraspécifique homologue et origine monophylétique de chacune des espèces *Oryza sativa* L. et *O. glaberrima* St.
Rev. Bot. Appl. Agr. Trop. 30 : 147-157.
- 32 - RANJHAN S., GLASZMANN J.C., RAMIREZ D.A. and KHUSH G.S., 1988 : Chromosomal location of four isozyme loci by trisomic analysis in rice (*Oryza sativa* L.).
Theor. Appl. Genet. 75 : 541-545.
- 33 - ROBINSON R.A., 1973 : Horizontal resistance.
Review of Plant Pathology 52 (8) : 483-501.
- 34 - SASAKI R., 1922 : Existence of strains in rice blast fungus.
I. Journal of Plant Protection, Tokyo 9, p. 531-644.

- 35 - SECOND G., 1985 : Relations évolutives chez le genre *Oryza* et processus de domestication des riz.
Editions de l'ORSTOM, Collection Etudes et Thèses,
Paris, 189 p.
- 36 - SHASTRY S.V.S., RAO D.R.R. and MISRA R.N., 1960 : Pach-
tene analysis in *Oryza*. I Chromosome morphology in
Oryza sativa.
Indian J. Genet. Plant Breed. 20 : 15-21.
- 37 - SUZUKI H., 1975 : Meteorological factors in the epide-
miology of rice blast.
Annual Review of Phytopathology 13 : 239-256.
- 38 - SWAMINATHAN M., 1984 : Le riz.
Pour la Science, mars 1984 : 24-35.
- 39 - TAKAHASHI Y., 1965 : Genetics of resistance to the rice
blast disease.
Pages 303-329 In International Rice Research Institute.
The Rice Blast Disease. Johns Hopkins Press, Baltimore,
Maryland.
- 40 - VALES M., 1987 : La résistance durable : cas de la
pyriculariose du riz.
II. Amélioration variétale de la résistance durable.
L'Agronomie Tropicale 42 (2) : 112-120.
- 41 - VAN DER PLANCK J.E., 1968 : Disease Resistance in plants.
Academic Press, New York, London, 206 p.
- 42 - VAN DER PLANCK J.E., 1975 : Horizontal resistance : six
suggested projects in relation to blast disease of rice.
In : Proceedings of the Seminar on Horizontal Resistance
to the Blast Disease of Rice, Cali, Colombia, October
8-12, 1971 : 21-26.

- 43 - VODOUHE S.R., 1984 : Etude de la résistance spécifique complète à *P. oryzae* Cav. de divers géniteurs de riz (*O. sativa* L.).
DAA Amélioration des Plantes, ENSA de Rennes, 18p.
- 44 - VODOUHE S.R., 1986 : Contribution à l'étude génétique de la résistance du riz (*Oryza sativa* L.) à la pyriculariose causée par *Pyricularia oryzae* Cav.
Thèse de Docteur-Ingénieur en Amélioration des Plantes, ENSA de Rennes - Université de Rennes I, 133 p.
- 45 - YAMADA M., 1979 : Distribution and population change in races of rice blast fungus, *Pyricularia oryzae* Cav. in Japan.
Rev. Plant. Protec. Res., 12 : 64-79.

ANNEXE ILISTE DES LIGNEES HD ET SSD UTILISEESLIGNEES HD :

1A	66C	95A	127A	163A	192A
12A	78C	103A	128A	172A	194A
19A	79A	108A	133A	178A	197A
34A	83A	110A	149A	179A	198A
39A	85A	115A	155A	181A	199A
54A	87A	118A	157A	183A	201A
55A	90A	123A	158A	184A	203A
60A	93A	124A	159A	187A	

LIGNEES SSD :

1/2	23/1	58/2	88/1	116/2
	24/2	59/1	89/1	117/1
3/2	25/1	60/1	90/2	118/2
4/1	26/2	61/5	91/2	119/1
5/2	28/1	63/2	92/2	120/1
6/2	29/1	66/1	95/1	121/1
7/1	39/2	67/1	96/1	122/1
8/2	40/1	68/2	97/1	123/1
9/1	41/1	70/1	98/2	124/1
10/1	42/2	71/2	100/2	126/1
11/2	44/1	72/2	101/2	127/1
12/1	45/1	73/1		128/1
14/1	46/1	75/2	103/1	130/1
15/2	47/1	76/1	104/2	131/1
16/1	49/1	79/1	105/2	132/1
17/1	50/1		106/2	133/1
18/2	51/2	82/1	107/2 108/2	135/1
19/1	52/1	84/2	109/2	136/2
20/1	53/2	85/1	110/1	
21/1	56/2	86/1	113/1	
22/2	57/1	87/1	114/1	

ANNEXE 2

COMPOSITION DE LA SOLUTION NUTRITIVE

	<u>Solution mère initiale</u>	<u>Solution mère</u>
MgSO ₄ -----	189 g/l -----	100 ml/l
K ₂ SO ₄ -----	117 g/l -----	200 ml/l
NH ₂ PO ₄ -----	134 g/l -----	100 ml/l
NH ₄ NO ₃ -----	80 g/l -----	200 ml/l
Fer-----	Chelonia-----	30 ml/l

La solution nutritive est obtenue par dilution de la solution mère (2 %) dans l'eau de robinet par un dosomatic. Son pH est ajusté à 5,5.

LISTE DES SOUCHES UTILISEES

SOUCHE	ORIGINE (Lieu de collecte)	DATE D'ISOLEMENT	VARIETE	ORGANE
BF13	Bobo-Dioulasso	10/1984	IRAT13	feuille
BN7	Mousourou	?	KN148	cou
MS2	Bumbong Lima	08/08/1986	Makmur Good	feuille
PH5	IRRI	12/1979	IRI9348 (35)	feuille
PH11	IRRI	12/09/1986	UPLRI5	feuille
PH14	Irri	10/02/1986	TETEP	
TH3	Bangkok	03/1987	ORGE	grains
CM1	Dschang	06/1976	IRAT2 (6393)	
CM14	Mbos	11/1981	31/8/6 pluvial	cou
CM28	Mbos	02/1987	ITA212	grains
CD41	Dikodougou	11/1982	IRAT13	cou
CD58	Bouaké	10/1983	IRAT13	cou
CD121	Waninou	09/1984	IRAT13	cou
CD126	Farako	10/1984	IRAT13	cou
CD50	Odienné	09/1983	IRAT13	?
CD101	Odienné	1984	BG90-2	cou
BR13	Goiania	03/1985	IRAT13	feuille
BR14	Goiania	03/1985	IRAT13 et lignées soeurs	feuille
BR18	Goiania	03/1985	IRAT177	cou
BR26	Fazenta Progresso Mats grosso	10/09/1987	IRAT 177	tiges
BR31	?	27/01/1989	BLE	?
BR32	?	27/01/1989	BLE	?
PN6	David	29/08/1986	ANAYANSI	feuille
GY10	Combi	06/1978		feuille
GY11	Combi	06/1978		feuille
GY12	ST Laurent	02/1979	IRAT13	feuille
CL6				
FR9	Camargue	10/1980		feuille

ANNEXE 4 : Détermination des ratios correspondant aux taux de recombinaison de 20 % chez les HD et 30 % chez les SSD (recombinaison entre gènes de résistance et Sdh-1)

Posons : $Pi-(t1) = R1$; $Pi-(t2) = R2$

Cas des
HD

Génotype	Phénotype	Fréquence
R1 R1 R2 R2 11	R1	16/50
R1 R1 R2 R2 OO	RO	4/50
R1 R1 r_2 r_2 11	R1	1/50
R1 R1 r_2 r_2 OO	RO	4/50
r_1 r_1 R2 R2 11	R1	4/50
r_1 r_1 R2 R2 OO	RO	1/50
r_1 r_1 r_2 r_2 11	S1	4/50
r_1 r_1 r_2 r_2 OO	SO	16/50

Ratio : 21R1 : 9RO : 4S1 : 16SO

Cas des
SSD

Génotype	Phénotype	Fréquence
R1 R1 R2 R2 11	R1	5,29/21,78
R1 R1 R2 R1 OO	RO	2, 3/21,78
R1 R1 r_2 r_2 11	R1	1/21,78
R1 R1 r_2 r_2 OO	RO	2, 3/21,78
r_1 r_1 R2 R2 11	R1	2, 3/21,78
r_1 r_1 R2 R2 OO	RO	1/21,78
r_1 r_1 r_2 r_2 11	S1	2, 3/21,78
r_1 r_1 r_2 r_2 OO	SO	5,29/21,78

Ratio : 8,59 R1 : 5,6 RO : 2,3 S1 : 5,29 SO

R = résistant à BR 14 et BR 26

S = sensible à BR 14 et BR 26

1,0 = allèles correspondant au gène Sdh-1

ANNEXE 5. SYMPTOMES DE PYRICULARIOSE SUR FEUILLES DE RIZ

hurl

